

ROTATION ANGLE DETECTION DEVICE AND DERIVING METHOD OF BIAS VOLTAGE USED FOR CORRECTION THEREOF

Patent Number: JP2003315098
Publication date: 2003-11-06
Inventor(s): URA NORITAKE
Applicant(s): TOYODA MACH WORKS LTD
Requested Patent: JP2003315098
Application Number: JP20020127173 20020426
Priority Number(s):
IPC Classification: G01D5/245
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely detect rotation angle of a rotor without increasing the number of ground wirings.

SOLUTION: In the rotation angle detection devices 22, 50, an AC exciting voltage is applied to one end of an exciting coil 28, and a common ground line 46 is connected with the other end of the coil 28. In output coils 30, 32, output voltages are led out from one ends, and the common ground line 46 is connected with the other ends. The output voltage is a voltage wherein an AC rotation angle voltage whose amplitude is increased and decreased depending on the rotation angle of a rotor 24 is superposed with an AC bias voltage caused by ground line impedance 48 and an exciting current. An ECU 50 stores data necessary for calculating the AC bias voltage on the basis of a relation with passing time from a reference timing. An AC bias voltage at the point when a time passes from the reference timing as far as detection of the output voltages is subtracted from the output voltages of the output coils 30, 32. The AC bias voltage is calculated from the stored data.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-315098

(P2003-315098A)

(43)公開日 平成15年11月6日(2003.11.6)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターム(参考)
G 0 1 D 5/245	1 0 1	G 0 1 D 5/245	1 0 1 U 2 F 0 7 7
// G 0 1 L 3/10	3 1 7	G 0 1 L 3/10	3 1 7

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2002-127173(P2002-127173)

(22)出願日 平成14年4月26日(2002.4.26)

(71)出願人 000003470

豊田工機株式会社

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地

(72)発明者 裏 則岳

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

(74)代理人 110000110

特許業務法人快友国際特許事務所

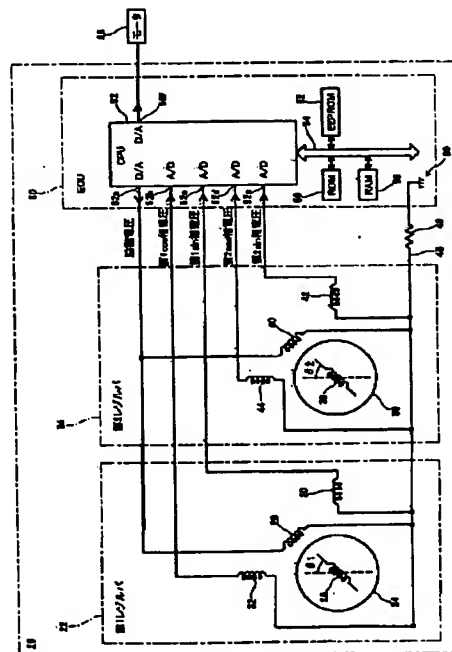
Fターム(参考) 2F077 AA21 FF34 UU25

(54)【発明の名称】 回転角検出装置とその補正に用いるバイアス電圧の導出方法

(57)【要約】

【課題】 アース配線数を増加させることなく、ロータの回転角を精度良く検出する。

【解決手段】 回転角検出装置22、50において、励磁コイル28は、一端に交流の励磁電圧が印加され、他端に共通アース線46が接続されている。出力コイル30、32は、一端から出力電圧が取出され、他端に共通アース線46が接続されている。出力電圧は、振幅がロータ24の回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線インピーダンス48と励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した電圧である。ECU50は、基準タイミングからの経過時間との関係で交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータを記憶している。また、出力コイル30、32の出力電圧から、前記憶データより算出される「基準タイミングから前記出力電圧の検出時までの経過時間だけ経過した時の交流バイアス電圧」を減算する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転するロータと、

一端に交流の励磁電圧が印加され、他端にアース線が接続されている励磁コイルと、

一端から出力電圧が取出され、他端に前記アース線が接続されており、振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線インピーダンスと励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した電圧を出力する出力コイルと、

基準タイミングからの経過時間との関係で交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータを記憶している記憶手段と、

出力コイルの出力電圧から、記憶手段に記憶されているデータより算出される「基準タイミングから前記出力電圧の検出時までの経過時間だけ経過した時の交流バイアス電圧」を減算する減算手段を備えた回転角検出装置。

【請求項2】 記憶手段に記憶されている交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータは、時間的に変化するバイアス電圧自体であることを特徴とする請求項1に記載の回転角検出装置。

【請求項3】 記憶手段に記憶されている交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータは、交流バイアス電圧の振幅値と、交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差であることを特徴とする請求項1に記載の回転角検出装置。

【請求項4】 ロータが回転したときの前記出力電圧を順次サンプリングして記憶する手段と、記憶された出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも1周期分の第1出力電圧群を特定する手段と、記憶された出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも1周期分の第2出力電圧群を特定する手段と、特定された第1出力電圧群と第2出力電圧群について、基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を順次加算する手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の回転角検出装置。

【請求項5】 振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線インピーダンスと励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した電圧を出力する回転角検出装置の出力電圧に含まれる交流バイアス電圧の導出方法であって、ロータを回転させながら前記出力電圧を順次サンプリングする第1工程と、サンプリングした出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも1周期分の第1出力電圧群を特定する第2工程と、サンプリングした出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも1周期分の第2交流電圧群を特定する第3工程と、特定された第1交流電圧群と第2交流電圧群について、

基準タイミングからの経過時間が等しい第1交流電圧と第2交流電圧を順次加算する第4工程を有する交流バイアス電圧の導出方法。

【請求項6】 請求項5の第1工程～第4工程を経て導出された交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータを記憶する工程をさらに有することを特徴とする交流バイアス電圧の導出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、回転角検出装置とその補正に用いるバイアス電圧の導出方法に関する

【0002】

【従来の技術】 図6に従来の回転角検出装置120の一例を示す。この回転角検出装置120は、ロータ122と、励磁コイル126と、sin相コイル（出力コイル）130と、cos相コイル（出力コイル）128等を備えている。励磁コイル126は、回転するロータ122の周囲に固定されており、一端側では端子134から交流の励磁電圧が印加され、他端にはアース線140が接続されている。cos相コイル128は、ロータ122の周囲に固定されているとともに、他端にはアース線138が接続されている。cos相コイル128の一端側の端子132には、振幅がロータの回転角 θ のcos値に依存して増減する交流の電圧が生じる。sin相コイル130は、ロータ122の周囲に固定されているとともに、他端にはアース線142が接続されている。sin相コイル130の一端側の端子136には、振幅がロータの回転角 θ のsin値に依存して増減する交流の電圧が生じる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来の装置120を用いて、励磁コイル126と、cos相コイル128と、sin相コイル130を、図6の一点鎖線で示すように共通のアース線146を用いてアースしたとする。すると、例えば、sin相コイル130の端子136には、振幅がロータの回転角 θ のsin値に依存して増減する交流の回転角電圧に加えて、アース線146のインピーダンス144と励磁電流に起因する交流のバイアス電圧が重畳された電圧が出力されてしまう。この結果、sin相コイル130の端子136から出力される電圧から得られるロータ122の回転角の検出精度が低下してしまうという問題が生じる。cos相コイル128についても同様である。この問題を避けるために、励磁コイル126と、cos相コイル128と、sin相コイル130を、従来の装置120のようにアース線140、138、142で別々に接地すると、アース線の本数が増加してしまう。

【0004】 本発明は、アース配線数を増加させることなく、ロータの回転角を精度良く検出できる技術を提供することを目的とする。

50

【0005】

【課題を解決するための手段及び作用と効果】 本発明を具現化する回転角検出装置は、ロータと、励磁コイルと、出力コイルと、データ記憶手段と、減算手段を備えている。ロータは、回転する。励磁コイルは、一端に交流の励磁電圧が印加され、他端にアース線が接続されている。出力コイルは、一端から出力電圧が取出され、他端に前記アース線が接続されている。出力コイルの一端に生じる出力電圧は、振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線インピーダンスと励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した電圧となる。データ記憶手段は、基準タイミングからの経過時間との関係で交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータを記憶している。減算手段は、出力コイルの出力電圧から、記憶手段に記憶されているデータより算出される「基準タイミングから前記出力電圧の検出時までの経過時間だけ経過した時の交流バイアス電圧」を減算する（請求項1）。本明細書にいう「交流」にはパルス波も含まれる。また、「基準タイミング」は、例えば交流励磁電圧の瞬時値がゼロとなるタイミング（反転時）や、そのタイミングから所定時間が経過したタイミング等、様々に設定できる。「基準タイミング」は絶対的なある時間を指すものではない。

【0006】この回転角検出装置では、励磁コイルと出力コイルの他端は、共通のアース線に接続されている。よって、アース線本数は増大しない。その反面、出力コイルの出力電圧には、アース線インピーダンスと励磁電流に起因する交流のバイアス電圧が重畳してしまう。この回転角検出装置は、基準タイミングからの経過時間との関係で交流バイアス電圧の値を算出するのに必要なデータを記憶している。即ち、時間的に変化する交流バイアス電圧の値を時々刻々に算出するのに必要なデータを備えている。出力コイルの出力電圧を検出したときに、基準タイミングからその検出時までの経過時間を特定することによって、出力電圧の検出時における交流バイアス電圧の値を算出することができる。そして、検出された出力電圧から検出時における交流バイアス電圧の値を減算することができる。減算することによって交流バイアス電圧の影響を受けない電圧、即ち、振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧を算出することができる。このために、ロータの回転角を精度良く検出できる

このように、この回転角検出装置によると、アース配線数を増加させることなく、ロータの回転角を精度良く検出できる。

【0007】記憶手段には、時間的に変化するバイアス電圧自体を記憶しておいてもよい（請求項2）。この場合、バイアス電圧を特定するデータに処理を施す必要がなく、出力コイルの出力電圧から直接的にバイアス電圧の値を減算すればよい。

【0008】あるいは、記憶手段には、交流バイアス電圧の振幅値と、交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差を記憶しておいてもよい（請求項3）。この場合、記憶手段には、2つのデータのみを記憶しておけばよいので、必要記憶容量を少量化できる。特に、細かな時間分解能でバイアス電圧値自体を多数記憶する場合に比べると、必要記憶容量を非常にコンパクトにできる。

【0009】記憶手段にデータを記憶するために、ロータが回転したときの前記出力電圧を順次サンプリングして記憶する手段と、記憶された出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも1周期分の第1出力電圧群を特定する手段と、記憶された出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも1周期分の第2出力電圧群を特定する手段と、特定された第1出力電圧群と第2出力電圧群について、基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を順次加算する手段をさらに備えていること好ましい（請求項4）。この場合、少なくとも1周期分の第1交流電圧群と少なくとも1周期分の第2交流電圧群を加算することによって少なくとも1周期分の交流バイアス電圧の値（正確には2倍した値）を知ることができ、基準タイミングからの経過時間との関係で交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータを得ることができる。

【0010】本発明はまた、振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線インピーダンスと励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した電圧を出力する回転角検出装置の出力電圧に含まれる交流バイアス電圧の導出方法にも具現化される。この方法は、ロータを回転させながら前記出力電圧を順次サンプリングする第1工程と、サンプリングした出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも1周期分の第1出力電圧群を特定する第2工程と、サンプリングした出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも1周期分の第2交流電圧群を特定する第3工程と、特定された第1交流電圧群と第2交流電圧群について、基準タイミングからの経過時間が等しい第1交流電圧と第2交流電圧を順次加算する第4工程を有する（請求項5）。

【0011】この方法によると、最大ピーク値を含む第1交流電圧群と、最大ボトム値を含む第2交流電圧群を加算することで、加算値の中から、振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧を取除き、バイアス電圧の2倍の値のみを残すことができる。最大ピーク値を含む少なくとも1周期分の第1交流電圧群と、最大ボトム値を含む少なくとも1周期分の第2交流電圧群を特定し、両者を加算して1周期分のバイアス電圧の値（正確には2倍した値）を導出するために、例えば人手によりロータを回転させる場合に、その者がロータの回転角の大きさを認識できなくても、バイアス電圧を導出できる。

【0012】請求項5の第1工程～第4工程を経て導出された交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータを記憶する工程をさらに有することが好ましい（請求項6）。この場合も、交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータは、時間的に変化するバイアス電圧自体であることが好ましい。あるいは、交流バイアス電圧の振幅値と、交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差であることが好ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】 図1に、電動パワーステアリングシステム80の構成を示す。このシステム80には、ECU50と第1レゾルバ22で構成される第1回転角検出装置と、ECU50と第2レゾルバ34で構成される第2回転角検出装置が含まれている。また、これらのECU50、第1レゾルバ22、第2レゾルバ34によってトルク検出装置が構成される。この電動パワーステアリングシステム80では、ハンドル82にハンドル軸62の一端側が接続されている。ハンドル軸62の他端側には、トーションバー64の一端側が接続されている。トーションバー64の他端側には、出力軸を介してビニオン66の一端側が接続されている。ビニオン66は、ラック98と噛合している。ラック98とラックハウジング52によってラック機構84が構成されている。ラック機構84によって、ラック98はラックハウジング52内を軸方向に往復動するようになっている。ラック機構84の両端には、タイロッド91の一端が装着されている。タイロッド91の他端には、ナックルアーム92が連結されている。ナックルアーム92の他端には、車輪93が連結されている。

【0014】上記したハンドル軸62の下端側の周囲には、第1レゾルバ22が設けられている。第1レゾルバ22は、ハンドル軸62の第1回転角 θ_1 を検出する第1回転角の検出部として機能する。トーションバー64の下端側の周囲には、第2レゾルバ34が設けられている。第2レゾルバ34は、ビニオン66の第2回転角 θ_2 を検出する第2回転角の検出部として機能する。第1レゾルバ22と第2レゾルバ34は、ECU50に電気的に接続されている。ECU50、第1レゾルバ22、第2レゾルバ34によってトルク検出装置が構成されている。トルク検出装置を構成するECU50は、第1レゾルバ22で検出した第1回転角 θ_1 と第2レゾルバ34で検出した第2回転角 θ_2 から、運転者がハンドル82を操舵することで発生した操舵トルク値 $F = k(\theta_1 - \theta_2)$ を演算する。なお、 k はトーションバー64のばね定数である。ECU50はモータ86に接続されており、演算したトルク値 F に応じてモータ86で発生させる補助トルク（アシスト力）の大きさを制御する。トルク検出装置50、22、34のより具体的な構成については後述する。モータ86は、伝達機構87に接続されている。伝達機構87は、モータ86が発生した補助

トルクをラック機構84に伝達する。

【0015】このパワーステアリングシステム80の動作を説明する。まず、運転者がハンドル82を操舵すると、ハンドル軸62が回転する。ハンドル軸62が回転すると、トーションバー64を介してビニオン66も回転する。ビニオン66が回転すると、これに噛合ったラック98が軸方向に動き、タイロッド91とナックルアーム92を介して車輪93の操舵方向が変化する。運転者がハンドル82を操舵することで発生したトルクは、トルク検出装置50、22、34によって検出される。トルク検出装置を構成するECU50は、このトルクに基づいてモータ86を制御する。

【0016】トルク検出装置50、22、34が検出した操舵トルクが小さいと、ECU50はモータ86に小さな補助トルクを発生させるように制御する。トルク検出装置50、22、34が検出した操舵トルクが大きいと、ECU50はモータ86に大きな補助トルクを発生させるように制御する。モータ86で発生した補助トルクはラック機構84に伝達され、ラック98の動きをアシストする。従って、運転者は軽い力でハンドル82を操舵することができる。

【0017】図2にトルク検出装置20のブロック図を示す。トルク検出装置20は、上記したように、ECU50と第1レゾルバ22で構成される第1回転角検出装置と、ECU50と第2レゾルバ22で構成される第2回転角検出装置を含む。ECU50は、CPU52と、CPU52にバス54を介して接続されたROM56、RAM58、EEPROM（Electrically Erasable Programmable ROM）62に接続されている。CPU52は、出力ポート52a、52fや、入力ポート52b～52e等のポートを有する。出力ポート52a、52fは、CPU52の内部でD/A変換部に接続されている。入力ポート52b～52eは、CPU52の内部でA/D変換部に接続されている。ROM56には、後述するバイアス電圧の導出処理を行うためのバイアス電圧導出プログラムや、出力電圧から導出したバイアス電圧を減算する処理を行うためのプログラムや、トルク算出のためのプログラム等が格納されている。

【0018】第1レゾルバ22は、第1ロータ24と、第1励磁コイル28と、第1sin相コイル（出力コイル）30と、第1cos相コイル（出力コイル）32等を備えている。第2レゾルバ34は、第2ロータ36と、第2励磁コイル40と、第2sin相コイル（出力コイル）42と、第2cos相コイル（出力コイル）44等を備えている。第1ロータ24は、第1ロータコイル26を有する。第1ロータ24の回転に伴って第1ロータコイル26も回転する。本実施例では、具体的な図示は省略するが、角度の分解能を高めるため、第1ロータ24の機械的な回転角に対して、電気角が8倍となるようにロータコイル群26が配置されている。ロータコ

イル群26は、45度の角をなすように4本相となっている。よって、第1ロータ24を機械的に45度回転したときに、ロータコイル26は回転前の位置関係に復元する。なお、以下で「回転角」というときには、特に断りがない限り電気角を意味するものとする。

【0019】第1レゾルバ22の第1励磁コイル28は、第1ロータ24の周囲に固定されている。この第1励磁コイル28は、一端側ではCPU52の出力ポート52aから交流の励磁電圧（後述する式（1））が印加され、他端には共通アース線46が接続されている。また、第2レゾルバ34の第2励磁コイル40は、第2ロータ36の周囲に固定されている。この第2励磁コイル40は、一端側ではCPU52の出力ポート52aから交流の励磁電圧（後述する式（1））が印加され、他端には共通アース線46が接続されている。従って、共通アース線46には、第1励磁コイル28に流れる第1励磁電流と、第2励磁コイル40に流れる第2励磁電流を合計した電流が流れる。以下では、この第1励磁電流と第2励磁電流を合計した電流を単に「励磁電流」という。励磁コイル28、40は、ロータ24、36に内蔵されている図示しないコイルと相俟って変圧器を構成する。その図示しないコイルに発生する電圧によって、ロータコイル群26、38に通電される。

【0020】励磁電圧は式（1）で表される。

$$E K \sin (2 \pi t / T + \alpha) \cos (\theta 1) \quad *$$

ここで、E、t、T、I、 β は式（1）と（2）で説明したものと同様である。また、K：トランス効率、 α ：回転角電圧の励磁電圧に対する位相ずれ、 $\theta 1$ ：第1ロータの第1回転角、R：共通アース線のインピーダンスである。

【0023】第1sin相コイル30は、第1ロータ24の周囲に固定されている。この第1sin相コイル30は、一端側に生じた第1sin相電圧がCPU52の入力ポート52cに輸入され、他端には共通アース線46が接続されている。第1sin相電圧（後述する式

$$E K \sin (2 \pi t / T + \alpha) \sin (\theta 1) + R I \sin (2 \pi t / T + \beta) \quad *$$

ここで、E、t等の各記号は式（1）～（5）で説明したものと同様である。以上の式（1）～（7）で表される交流電圧あるいは交流電流の周期は、いずれもTである。

【0025】第2レゾルバ34のcos相コイル44、sin相コイル42も、共通のアース線46に接続されている。その他の基本的な構成についても第1レゾルバ22と同様であるため、説明を省略する。

【0026】このように、第1レゾルバ22の第1励磁コイル28、第1cos相コイル32、第1sin相コイル30と、第2レゾルバ34の第2励磁コイル40、第2cos相コイル44、第2sin相コイル42は、共通アース線46に接続されてアースされている。別々の6本のアース線に接続する場合に比べて、配線数を大

$$* E \sin (2 \pi t / T) \quad (1)$$

励磁電流は式（2）で表される。

$$I \sin (2 \pi t / T + \beta) \quad (2)$$

ここで、E：励磁電圧の振幅、t：励磁電圧の印加開始時からの経過時間、T：周期、I：励磁電流の振幅、

β ：励磁電流の励磁電圧に対する位相差である。本実施例では、周期Tを200 μ 秒に設定している。

【0021】第1レゾルバ22の第1cos相コイル32は、第1ロータ24の周囲に固定されている。この第1cos相コイル32は、一端に生じた第1cos相電圧がCPU52の入力ポート52bに輸入され、他端には共通アース線46が接続されている。第1cos相電圧（後述する式（5））は、振幅が第1ロータ24の回転角 $\theta 1$ のcos値に依存して増減する交流の回転角電圧（後述する式（3））に、共通アース線46のインピーダンス48と励磁電流に起因する交流のバイアス電圧（後述する式（4））が重畳した電圧である。

【0022】第1cos相電圧の回転角電圧は式（3）で表される。

$$E K \sin (2 \pi t / T + \alpha) \cos (\theta 1) \quad (3)$$

バイアス電圧は式（4）で表される。

$$R I \sin (2 \pi t / T + \beta) \quad (4)$$

第1cos相電圧は式（3）と式（4）を加算した式（5）で表される。

$$E K \sin (2 \pi t / T + \alpha) \cos (\theta 1) + R I \sin (2 \pi t / T + \beta) \quad (5)$$

※（7）は、振幅が第1ロータ24の回転角 $\theta 1$ のsin値に依存して増減する交流の回転角電圧（後述する式（6））に、共通アース線46のインピーダンス48と励磁電流に起因する交流のバイアス電圧（前述した式（4））が重畳した電圧である。

【0024】第1sin相電圧の回転角電圧は式（6）で表される。

$$E K \sin (2 \pi t / T + \alpha) \sin (\theta 1) \quad (6)$$

第1sin相電圧は式（6）と式（4）を加算した式（7）で表される。

$$E K \sin (2 \pi t / T + \alpha) \sin (\theta 1) + R I \sin (2 \pi t / T + \beta) \quad (7)$$

幅に減少できる。

【0027】次に、本実施例のトルク検出装置20を用いてバイアス電圧を導出する処理の内容を説明する。本実施例では、この導出処理を、トルク検出装置20を製造した後であって、その装置20の出荷前に行うものとする。まず、トルク検出装置20の利用者がトルク検出装置20をバイアス電圧導出モードに設定したとする。すると、CPU50は、ROM56に格納されているバイアス電圧導出用プログラムを起動させる。すると、励磁コイル28、40へ励磁電圧の印加が開始される。励磁電圧の印加開始後に、装置20の利用者が図1に示すハンドル82を回転させて、第1ロータ24の電気角 $\theta 1$ を0～360度まで1秒程度で回転させたとする。具体的には、説明の便宜のため、0.72秒で行ったとす

る。この回転動作が行われると回転動作中、CPU52は、50μsのサンプリング間隔で第1レゾルバ22の第1sin相電圧をサンプリングして、RAM58に格納する。

【0028】サンプリングした第1sin相電圧データ群を、横軸を回転角θ1あるいは経過時間tとし、縦軸を電圧値としてプロットすると、およそ図3に示すように、振幅がsin(θ1)に依存して増減する交流波形となる。但し、実際には図3に示す波形よりも波長の非常に短い波形である。なお、本実施例では、説明の便宜のため、0〜360度のハンドル82の回転速度が一定であり、従って回転角の増加の割合と時間の増加の割合が等しいものとする。

【0029】CPU52は、第1sin相電圧データ群のうち、最大ピーク値を含む電圧データ群を検出する処理を行う。回転角電圧にバイアス電圧が重畳した出力電圧がピーク値となる電気角では、回転角電圧もピーク値となる。回転角電圧がピーク値となるのは、sin(θ1)=1、即ち、電気角θ1が90度のときである。本実施例では、電気角θ1が89.5〜90.5度の範囲(1度)に含まれる電圧データ群をサンプリングする。イメージ的には図3の範囲L1のデータをサンプリングする。ハンドル82の回転速度は一定としているから、1度の回転に要する時間は、0.72秒/360度=2000μ秒である。周期T=200μ秒であるから、10周期分の電圧データ群を検出していることになる。またCPU52は、第1sin相電圧データ群のうち、最大ボトム値を含む電圧データ群を検出する処理を行う。回転角電圧にバイアス電圧が重畳した出力電圧がボトム値となる電気角では、回転角電圧もボトム値となる。回転角電圧がボトム値となるのは、sin(θ1)=-1、即ち、電気角θ1が270度のときである。本実施例では、電気角θ1が269.5〜270.5度の範囲(1度)に含まれる電圧データ群をサンプリングする。イメージ的には図3の範囲L2のデータをサンプリングする。この場合も10周期分の電圧データ群を検出していることになる。

【0030】図4(a)〜(c)は、横軸を時間とし、縦軸を電圧としたグラフである。図4(a)は、最大ピーク値付近の第1sin相電圧データ群と、これを構成する回転角電圧とバイアス電圧を示す。図4(b)は、最大ボトム値付近の第1sin相電圧データ群と、これを構成する回転角電圧とバイアス電圧を示す。図4(a)(b)は、それぞれ図3の範囲L1と範囲L2の時間軸を拡大して示したものに概ね相当する。図4のT*

*は、第1sin相電圧の周期であり、上記したように200μ秒である。図4のτは、CPU52による第1sin相電圧のサンプリング間隔であり、上記したように50μ秒である。サンプリング間隔τを50μ秒としているから、1度当り2000μ秒(10周期)÷50μ秒=40点の第1sin相電圧をサンプリングすることになる。よって、1周期当り40点÷10周期=4点の第1sin相電圧をサンプリングすることになる。

【0031】上記のようにして最大ピーク値を含む10周期分の第1sin相電圧データ群と、最大ボトム値を含む10周期分の第1sin相電圧データ群をサンプリングした後、基準タイミングからの経過時間が等しいデータ同士を順次加算する。本実施例では、基準タイミングを励磁電圧の印加開始時からの経過時間が周期Tの整数倍のタイミングに設定している。このタイミングは、CPU52の出力ポート52aから出力される励磁電圧Esin(2πt/T)が周期的にゼロとなるタイミングである。このタイミング52はCPU52によって認識されている。最大ピーク値付近の第1sin相電圧データ群については、基準タイミングを励磁電圧の印加開始時からの経過時間が周期TのA倍(A:整数)のタイミングATに設定している。最大ボトム値付近の第1sin相電圧データ群については、基準タイミングを励磁電圧の印加開始時からの経過時間が周期TのB倍(B:整数)のタイミングBTに設定している。

【0032】最大ピーク値付近の第1sin相電圧データ群と、最大ボトム値付近の第1sin相電圧データ群について、基準タイミングからの経過時間が50μ×N秒(N=0, 1, 2...)におけるデータ同士を順次加算する。そして、これらの加算データ群の値のそれぞれを2で割算すると、図4(c)に示すようなバイアス電圧のみを導出することができる。本実施例では、1周期4点のデータを10周期に亘ってサンプリングしているが、実際にECU50のEEPROM62に格納するのは1周期4点のデータのみである。残りのデータ、例えば、基準タイミングからの経過時間が50μ×(1+4M)秒(M=1, 2...)のデータについては、基準タイミングからの経過時間が50μ秒のデータの信頼性を向上させるための平均値算出用データとして用いてもよいし、あるいは削除等してもよい。

【0033】上記の内容を一般式で説明すると、次のようになる。最大ピーク値の第1sin相電圧データ群の一般式(8)と、最大ボトム値の第1sin相電圧データ群の一般式(9)は次の式で表される。

$$EK\sin(2\pi t/T+\alpha)\sin 90^\circ + R\sin(2\pi t/T+\beta) \quad (8)$$

$$EK\sin(2\pi t/T+\alpha)\sin 270^\circ + R\sin(2\pi t/T+\beta) \quad (9)$$

式(8)と(9)を加算すると、2Rsin(2πt/T+β)となり、これを2で割算すると、Rsin(2πt/T+β)、即ちバイアス電圧が求まる。

【0034】上記実施例では、4点のバイアス電圧データの値自体をマップ式でEEPROM62に格納しているが、4点のバイアス電圧データを利用して、式(4)

で表されるバイアス電圧 $R \sin(2\pi t/T + \beta)$ の振幅 R と、励磁電圧に対する位相差 β を算出し、このデータをEEPROM62に格納するようにしてもよい。バイアス電圧については \sin 関数であることが前提としてわかっており、また、周期 T の値は予めわかっている。よって、振幅 R と位相差 β を算出できれば、バイアス電圧の一般式を算出できる。

【0035】また、本実施例では、回転角を算出するのに必要なデータの導出処理も、トルク検出装置20を製造した後であって、その装置20の出荷前に行う。なお、この説明についての図示は省略する。まず、最大ピーク値付近の第1 \sin 相電圧データ群と、最大ボトム値付近の第1 \sin 相電圧データ群について、基準タイミングからの経過時間が $50\mu \times N$ 秒 ($N=0, 1, 2, \dots$) におけるデータ同士を順次減算する。そして、これらの減算データ群のそれぞれを2で割算すると、1周期分の4点の第1 \sin 相電圧の回転角電圧のみを導出することができる。そして、この4点の回転角電圧データを利用して、式(6)の第1 \sin 相電圧の回転角電圧 $EK \sin(2\pi t/T + \alpha) \cdot \sin(\theta_1)$ の振幅 EK と、励磁電圧に対する位相差 α を算出して、このデータをEEPROM62に格納する。この場合も、第1 \sin 相電圧の回転角電圧の一般式を算出できる。このデータは、後述する回転角算出処理で用いる。なお、これにより、式(3)の第1 \cos 相電圧の回転角電圧 $EK \sin(2\pi t/T + \alpha) \cdot \cos(\theta_1)$ の一般式も算出できる。

【0036】次に、上記のようにして導出したバイアス電圧データを用いて、トルク検出装置20が実際のトルク検出処理中に、第1 \sin 相電圧からバイアス電圧を*

$$EK \sin(2\pi t/T + \alpha) \sin(\theta_1) + R \sin(2\pi t/T + \beta) \quad (10)$$

$$R \sin(2\pi t/T + \beta) \quad (11)$$

式(10)から(11)を減算すると、 $EK \sin(2\pi t/T + \alpha) \sin(\theta_1)$ 、即ち、第1 \sin 相電圧の回転角電圧が求まる。同様に、第1 \cos 相電圧の回転角電圧は、 $EK \sin(2\pi t/T + \alpha) \cos(\theta_1)$ と求められる。なお、第2 \sin 相電圧、第2 \cos 相電圧についても同様の処理を行うことで、バイアス電圧が除外して回転角電圧データだけをサンプリングできる。*

$$X = EK \sin(2\pi x/T + \alpha) \sin(\theta_1) \quad (12)$$

$$Y = EK \sin(2\pi y/T + \alpha) \cos(\theta_1) \quad (13)$$

$\theta_1 = \arctan((X \cdot EK \sin(2\pi y/T + \alpha)) / (Y \cdot EK \sin(2\pi x/T + \alpha)))$ (14) ところで、電圧 X 、 Y と経過時間 x 、 y はわかっている。周期 T は元々設定されており、わかっている。また、振幅 EK と位相差 α についても上記したように算出してEEPROM62に格納されている。よって、CPU52では、式(14)に上記した値を代入することで、第1ロータ24の回転角 θ_1 の値を算出できる。

【0040】例えば、式(12)と(13)において、

* 減算する処理の内容を図5を参照して説明する。トルク検出装置20の動作が開始され、CPU52の入力ポート52cに図5(a)に示すような波形の第1 \sin 相電圧が入力されたとする。すると、CPU52は、 $50\mu s$ のサンプリング間隔で第1 \sin 相電圧データを順次サンプリングし、そのデータをRAM58に格納する。また、CPU52は、EEPROM62に格納されているマップ式のバイアス電圧データと呼出す。なお、マップ式のバイアス電圧データは1周期分の4点であり、この4点のデータを各周期毎に繰返し用いる。具体的には、基準タイミングから第1番目のバイアス電圧データは、基準タイミングから $50\mu \times (1 + 4M)$ 秒 ($M=0, 1, 2, \dots$) 経過時のバイアス電圧データとして繰返し用いる。同様に、基準タイミングから第2番目のバイアス電圧データは、基準タイミングから $50\mu \times (2 + 4M)$ 秒 ($M=0, 1, 2, \dots$) 経過時のバイアス電圧データとして繰返し用いる。第3番目、第4番目についても同様である。

【0037】そして、CPU52は、図5(a)に示す基準タイミングからの経過時間が $50\mu \times N$ 秒 ($N=1 \sim 4$) における第1 \sin 相電圧データから、図5(b)に示すマップ式のバイアス電圧データを順次減算していく。すると、図5(c)に示すように、第1 \sin 相電圧からバイアス電圧が除外されて回転角電圧がサンプリングされる。

【0038】上記の内容を一般式で説明すると、次のようになる。式(10)は第1 \sin 相電圧の一般式である。式(11)は前述したバイアス電圧の一般式である。

* 【0039】経過時間 $t=x$ のときの第1 \sin 相電圧の回転角電圧を X とする。この場合、式(12)の関係式が成立する。また、経過時間 $t=y$ のときの第1 \cos 相電圧を Y とする。この場合、式(13)の関係式が成立する。すると、式(12)と(13)から回転角 θ_1 は式(14)で表される。

$X = 1/2$ 、 $Y = (\sqrt{3})/2$ 、 $EK \sin(2\pi t_1/T + \alpha) = EK \sin(2\pi t_2/T + \alpha) = 1$ であったとする。すると、式(12)は $1/2 = \sin(\theta_1)$ 、式(13)は $(\sqrt{3})/2 = \cos(\theta_1)$ となり、式(14)は $\theta_1 = \arctan(1/(\sqrt{3}))$ となる。この結果、第1回転角 $\theta_1 = 30^\circ$ と算出できる。同様に、第2回転角 θ_2 を求めると、トルク算出の式 $F = k(\theta_1 - \theta_2)$ (k : 図1のトーションバー64のばね定数) からトルクを算出することができる。

【0041】本実施例によると、各コイル28、30等を共通アース線46に接続した結果、第1sin相コイル30の第1sin相電圧等が回転角電圧に加えて本来不要なバイアス電圧が重畳した電圧となった場合であっても、そのバイアス電圧を除去して本来的に検出したい回転角電圧だけをサンプリングできる。このため、第1ロータ26等の回転角を精度良く検出できる

【0042】以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上10に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

(1) 上記実施例では、回転角検出装置を2つ備えたトルク検出装置に本発明を適用した例を説明したが、トルク検出装置ではない回転角検出装置に適用してもよいのは勿論である。

(2) 上記実施例では、バイアス電圧の導出の際にハンドルの操作を人手により行うこととしたが、ハンドル操作を機械的に自動的に行っても構わない。

(3) 上記実施例では、ロータの回転角が外部から認識できないことを前提としたバイアス電圧の導出方法を説明したが、ロータの回転角が外部から認識できる場合は、次の(a)～(c)の工程によってバイアス電圧の導出を行ってもよい。

(a) ロータを第1の所定角に位置決めして、少なくとも1周期分の第1出力電圧群を検出する。(b) ロータの電気角が反転する第2の所定角に位置決めして、少なくとも1周期分の第2出力電圧群を検出する。(c) 検出された第1出力電圧群と第2出力電圧群について、基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を順次加算する。

(4) 上記実施例では、レゾルバとして、例えば第1レゾルバ22について励磁コイル28により励磁されるコイル(ロータコイル)26がロータ24側に1本設けられ、2本の出力コイル30、32がロータ24の周囲に固定された構成を例にして説明したが、励磁コイルによ*

り励磁される2本のコイルがロータの周囲に固定され、1本又は2本の出力コイルがロータ側に設けられた構成であっても構わない。

【0043】また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 電動パワーステアリングシステムの構成を示す。

【図2】 トルク検出装置のブロック図を示す。

【図3】 ロータの電気角を0～360度の範囲で等しい回転速度で変化させたときの出力電圧のグラフの概略図を示す。

【図4】 バイアス電圧の導出処理を説明するためのグラフを示す。

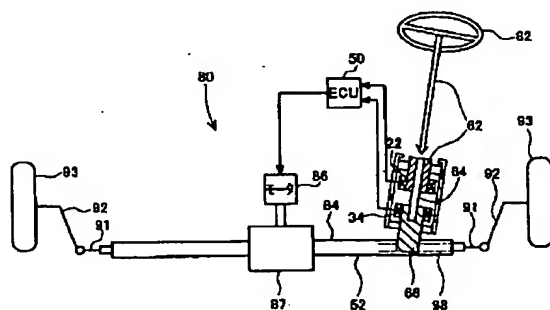
【図5】 出力電圧から導出したバイアス電圧を減算する処理を説明するためのグラフを示す。

【図6】 従来の回転角検出装置のブロック図を示す。

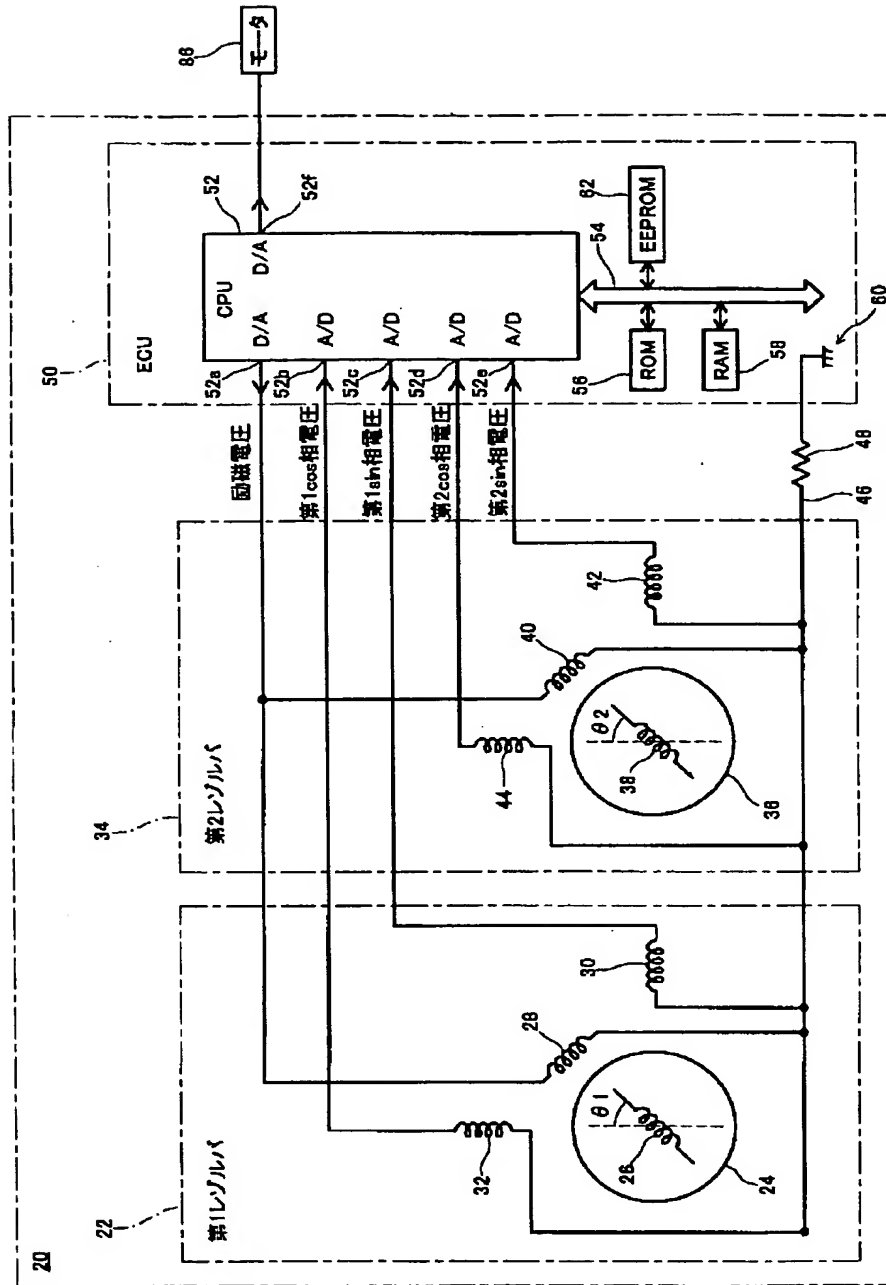
【符号の説明】

20：トルク検出装置
22：第1レゾルバ
24：第1ロータ
28：第1励磁コイル
30：第1sin相コイル
32：第1cos相コイル
34：第2レゾルバ
36：第2ロータ
40：第2励磁コイル
42：第2sin相コイル
44：第2cos相コイル
50：ECU

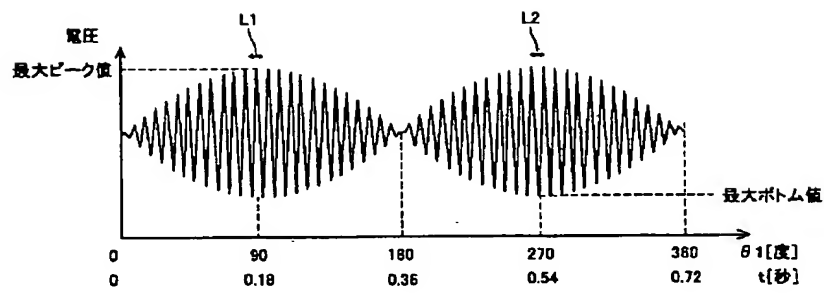
【図1】



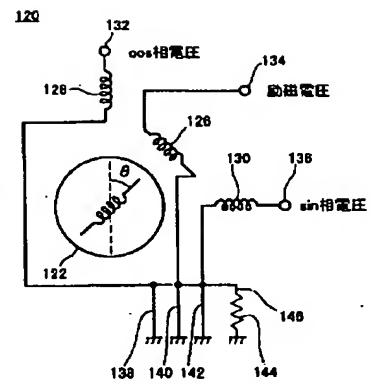
〔図2〕



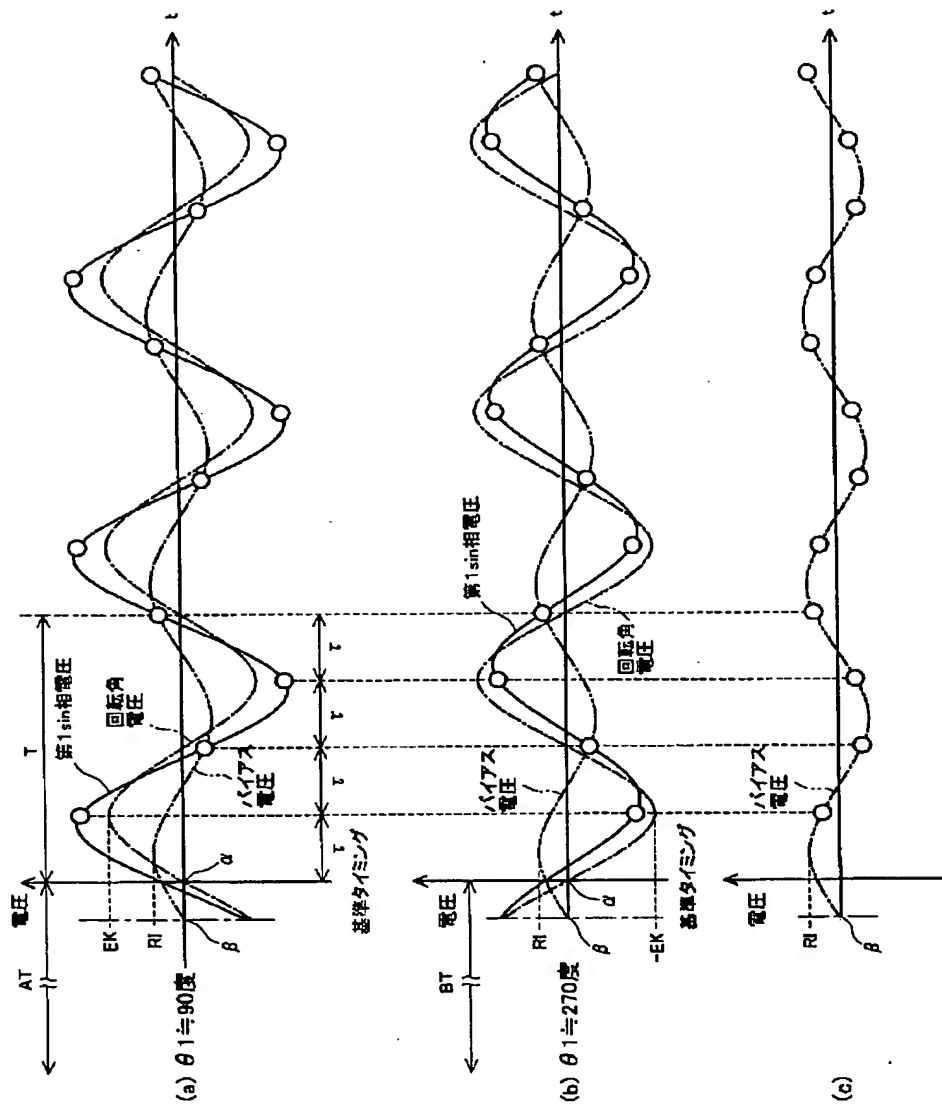
【図3】



【図6】



【図4】



【図5】

